

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 544**

51 Int. Cl.:  
**G01S 17/36** (2006.01)  
**G01S 17/89** (2006.01)  
**G01S 7/481** (2006.01)  
**G01J 1/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07702886 .8**  
96 Fecha de presentación: **19.01.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1979764**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.10.2008**

54 Título: **Procedimiento para la medición de tiempo de propagación de la luz**

30 Prioridad:  
**24.01.2006 DE 102006003269**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**22.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**22.06.2012**

73 Titular/es:  
**Mechaless Systems GmbH**  
**Werner-von-Siemens Str. 2-6**  
**76646 Bruchsal, DE**

72 Inventor/es:  
**REIME, Gerd;**  
**LANGER, Peter y**  
**MAYER, Bernd**

74 Agente/Representante:  
**Carpintero López, Mario**

ES 2 383 544 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la medición del tiempo de propagación de la luz.

La invención se refiere a un procedimiento para la medición del tiempo de propagación de la luz, especialmente para cámaras, según el preámbulo de la reivindicación 1.

5 **Estado de la técnica**

En muchos campos de aplicación ha de determinarse la distancia de un objeto de referencia con respecto a otros objetos. Un campo de uso de este tipo lo constituyen sobre todo los sistemas de cámaras, por ejemplo también en el ámbito automovilístico o en el ámbito de la robótica.

10 Según el estado de la técnica se plantea el siguiente problema: Al aplicar en un diodo luminiscente una tensión pulsada, éste se ilumina al ritmo de esta tensión aplicada. Un objeto reflectante puede reflejar la potencia luminosa radiada hacia un fotodiodo, preferentemente cerca del LED emisor. La magnitud de la señal devuelta depende de la potencia de emisión del LED, del grado de reflexión del objeto y de la distancia del objeto con respecto al LED emisor. En el caso de una distancia de por ejemplo un metro de un objeto reflectante, por ejemplo una mano, la utilización de un LED habitual en el mercado, por ejemplo con una corriente pulsante de 100 mA, un ángulo de  
15 apertura de por ejemplo 15° y un fotodiodo de bajo coste habitual en el mercado, por ejemplo BPW 34 de Osram, en el fotodiodo se produce una corriente fotoeléctrica, por ejemplo de unos  $\mu\text{A}$ , provocada por la reflexión en la mano. Evidentemente, esta corriente fotoeléctrica cambia con la distancia del objeto reflectante, de modo que en el caso de distancias superiores a un metro es posible que sea de tan sólo unos pA en el fotodiodo. Aunque para medir la distancia del objeto reflectante se ofrece la medición del tiempo de propagación entre la señal enviada y la  
20 señal recibida, en el caso de las corrientes de recepción muy pequeñas en el fotodiodo, mencionadas anteriormente, resulta muy difícil determinar el momento exacto de llegada.

Se añade el agravante de que la señal que llega no produce en el fotodiodo o en el amplificador conectado la pendiente de flanco con la que se envió. El fotodiodo actúa como filtro pasabajos, especialmente si para aumentar la sensibilidad se elige grande (gran superficie de recepción). En el caso de una distancia de aprox. 15 cm, el  
25 tiempo de propagación de la luz es de aprox. 1 ns. Debido al comportamiento como filtro pasabajos del fotodiodo mencionado anteriormente y del preamplificador, el tiempo de subida de la señal de recepción puede ser fácilmente de 10  $\mu\text{s}$ . También el LED emisor tiene un tiempo de subida notable, aunque se queda considerablemente por debajo del comportamiento como filtro pasabajos de los fotodiodos de bajo coste.

Por lo tanto, la detección del momento exacto de llegada de la señal de reflexión causa enormes dificultades y  
30 muchas solicitudes de patente tratan precisamente de la mejora de la detección del momento exacto de llegada de la señal de reflexión.

Generalmente, se sabe que de esta manera pueden determinarse más fácilmente distancias de reflexión más grandes, por ejemplo de unos 10 a 100 m. Además, una medición a partir de aproximadamente 3 m hasta 250 m es  
35 más fácil que una medición en el campo cercano de 0 a 3m, ya que en éste se ha de medir con una exactitud de ns, para lo que se requieren a su vez fotodiodos y amplificadores del orden de GHz. Además, se añaden los agravantes de la luz extraña, la temperatura y el respectivo grado de reflexión del objeto que ha de ser medido. Generalmente, estos parámetros influyen en fuerte medida en la medición de distancia. Sin embargo, en la práctica frecuentemente se emplean unas potencias de envío considerables (por ejemplo, láser pulsado 10W).

Como se sabe, se mantiene el desplazamiento de fases durante un procedimiento de mezcla para la obtención de  
40 la frecuencia ZF. En caso de elegir este procedimiento para medir el tiempo de propagación y la distancia, una luz de intensidad modulada ha de recibirse con una frecuencia de modulación del orden de 10MHz y mezclarse, lo que requiere fotodiodos rápidos y preamplificadores. Una gran amplificación junto a una alta frecuencia es posible sólo dentro de unos márgenes muy limitados. Por ello, conviene mezclar lo antes posible en la ruta de recepción. No obstante, los mezcladores habituales no trabajan con la corriente fotoeléctrica.

45 La solicitud de patente alemana DE19902612A1 en la que está basado el preámbulo de la reivindicación 1 da a conocer un mezclador optoelectrónico constituido por un fotodiodo con dos electrodos separados en los que se aplica una tensión de amplitud modulada, de modo que la corriente fotoeléctrica generada por un rayo de luz en el fotodiodo se mezcla con la tensión de amplitud modulada. Por lo tanto, se da a conocer un fotodiodo multisegmento realizado como diodo diferencial para mezclar la tensión alterna de un generador de frecuencia de referencia, es  
50 decir, una señal eléctrica con la frecuencia de una señal luminosa. En particular, se muestra que este mezclador puede utilizarse en un distanciómetro, emitiendo un emisor de luz una señal luminosa de amplitud modulada a un

5 objeto que ha de ser medido, un sensor de luz registra la señal luminosa reflejada, devuelta por el objeto, y mediante una unidad de evaluación se determina el desplazamiento de fases entre la señal luminosa emitida y la señal luminosa devuelta. El mezclador electroóptico permite la conversión de una alta frecuencia de modulación de amplitud en un intervalo de frecuencias más bajas en un lugar de la ruta de señal en el que aún no se ha producido ninguna amplificación eléctrica de banda ancha.

Por el documento DE10350489A1 se conoce un sensor óptico en el que la frecuencia de un rayo de luz recibido se mezcla con la frecuencia de una señal eléctrica en un fotodiodo de avalancha.

10 El documento WO2004/061639A1 da a conocer una disposición de medición electrónica con compensación de luz extraña, así como un procedimiento para la compensación de una señal de la disposición de medición. Allí, dos rayos de luz se regulan de tal forma que la señal de salida de un fotodiodo en el que inciden los rayos de luz se asemeja a una señal de corriente continua.

15 El documento DE10006493A1 da a conocer un procedimiento y un dispositivo para la medición de distancia optoelectrónica, usando dos emisores de luz y dos receptores de fotodiodo para el calibrado. Una parte de la potencia modulada del emisor principal llega al objeto que ha de ser medido y, desde éste, en forma de luz dispersa, al fotorreceptor principal y otra parte de la potencia del emisor principal llega directamente a un fotorreceptor de referencia, mientras que una parte de la potencia modulada del emisor de luz de referencia es conducida directamente al fotorreceptor principal y otra parte es conducida directamente al fotorreceptor de referencia.

20 Incluso si se hubiese determinado exactamente el momento de la señal de recepción, se produce otro efecto no deseado. La luz extraña adicional en el fotodiodo cambia ligeramente la amplitud y el tiempo de subida de la señal de recepción, de modo que también la medición de distancia puede ser influenciada por luz extraña.

25 Por el documento DE10322552A1 se conoce conducir al receptor, paralelamente o en el mismo ángulo, la radiación de luz reflejada en un objeto, así como la radiación de luz de un segundo trayecto de luz, procedente de otro emisor o de una fuente de luz de compensación. Es que, si por una parte, por una fuente de luz se radia luz al fotodiodo desde delante y por otra fuente de luz se acopla luz lateralmente, el tiempo de subida aumenta claramente con una corriente pulsante en la señal luminosa con acoplamiento lateral. Por lo tanto, en caso del acoplamiento lateral, la luz extraña tiene una influencia considerablemente mayor. Por lo tanto, el punto sin dimensión en la línea característica de intensidad de luz / corriente fotoeléctrica, originado en caso de la compensación total, se vuelve a convertir en un trayecto sujeto a influencias de luz extraña en la línea característica del fotodiodo. Por tanto, en principio resulta óptimo un ángulo de incidencia igual para la señal de recepción y la señal de compensación. Sin embargo, el documento DE10322552A1 trata sólo de un procedimiento y un dispositivo para medir una señal luminosa modulada bajo compensación de influjos de luz extraña. No se describe la mezcla intencionada de dos rayos de luz en un fotodiodo.

### **Exposición de la invención**

35 Partiendo de este estado de la técnica, la presente invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento para la medición del tiempo de propagación de la luz capaz de funcionar especialmente también en cámaras con componentes más económicos y amplificadores de menor frecuencia.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1.

40 Para la mezcla de las señales sincronizadas y, por tanto, para la medición del tiempo de propagación de la luz, se aprovecha la modulación de la sensibilidad de un fotodiodo por luz extraña y, en particular, con irradiación desde diferentes ángulos. Una luz ambiente fuerte cambia la zona de carga de espacio de un fotodiodo, lo que hace que se agranda la zona de absorción que genera corriente de deriva. Esto provoca un cambio de la sensibilidad especialmente, pero no exclusivamente para la luz infrarroja. Esta modulación es independiente de las resistencias de conexión y de la capacitancia de la capa de barrera, ya que los fotones de luz extraña absorbidos provocan una inundación del semiconductor con portadores de carga, y por tanto, no están sujetos a las constantes de tiempo de conexión eléctrica que determinan la velocidad. Como producto de mezcla resulta la corriente fotoeléctrica medible. En este caso, la capacitancia de la capa de barrera junto con la resistencia de conexión actúa como filtro pasabajos. Por lo tanto, en total llega al amplificador subsiguiente principalmente el producto de mezcla de diferencia.

5 Dicho producto de mezcla tiene una frecuencia claramente inferior a la frecuencia de reloj y se puede reconocer con mucha precisión si se conoce la diferencia de sincronización entre los dos controles de reloj. Al mismo tiempo, se puede determinar también la diferencia de las señales de reloj que resulta sin trayecto de luz, mezclando también las dos señales de reloj. Al comparar los dos productos de mezcla resulta un desplazamiento de fases medible a una menor frecuencia.

10 Se hace posible una medición de distancia que sin problemas de luz extraña e independientemente del grado de reflexión, con fotodiodos de bajo coste de gran superficie y con amplificadores de pequeño ancho de banda, permite una medición exacta del tiempo de propagación de la luz. Asimismo, es posible una medición del tiempo de propagación en el alcance corto desde la superficie del sensor hasta distancias más grandes sin necesidad de conmutar el alcance de medición. Dado que esta técnica de modulación puede aplicarse en todos los fotodiodos y sobre todo en todos los fotodiodos de silicio, mediante la invención es posible conferir propiedades de 3D a una multitud de sensores ópticos activos.

Más ventajas resultan de las reivindicaciones subordinadas y de la siguiente descripción.

### **Breve descripción de las figuras**

15 A continuación, la invención se describe en detalle con la ayuda de un ejemplo de realización representado en las figuras. Muestran:

La figura 1, un esquema de conexiones de un circuito según la invención para la medición del tiempo de propagación de la luz,

la figura 2, una representación esquemática de una señal de recepción influenciada por luz extraña,

20 la figura 3a, una señal de emisión sincronizada de un LED,

la figura 3b, diferentes desarrollos de la señal de recepción según la incidencia angular,

la figura 4, un alzado lateral de un fotodiodo,

la figura 5, un sistema de cámara correspondiente,

la figura 6, una representación esquemática de un dispositivo para determinar el desplazamiento de fases.

### **Descripción detallada de ejemplos de realización preferibles**

A continuación, la invención se describe en detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos. No obstante, en los ejemplos de realización no se trata de ejemplos que limiten el concepto de la invención a una disposición determinada.

30 Antes de describir en detalle la invención, cabe señalar que no se limita a los respectivos componentes del circuito ni a los respectivos pasos de procedimiento, ya que dichos componentes y procedimiento pueden variarse. Los conceptos empleados aquí tan sólo están destinados a describir formas de realización especiales y no pretenden ser exhaustivos. Además, cuando en la descripción y en las reivindicaciones se usa el singular o artículos indefinidos, ello se refiere también al plural de estos elementos, a no ser que del contexto resulte unívocamente lo contrario.

35 La técnica de modulación que se describe a continuación puede aplicarse en todos los fotodiodos y, en particular, en todos los fotodiodos de silicio, de modo que permite conferir propiedades 3D a una multitud de sensores ópticos activos. El campo de aplicación preferible son las cámaras 10, aunque en lo sucesivo la invención se describa sólo con referencia a un píxel 24. Otros campos de aplicación son el sector automovilístico, por ejemplo el control de distancia de aparcamiento o la prevención de cambio de carril o, en general, los distanciómetros ópticos o radares  
40 ópticos.

La presente invención está basada en la siguiente observación:

Básicamente, al usar fotodiodos, la luz emitida no sólo se refleja en un objeto O, sino también en cualquier superficie situada en la zona de reflexión. De esta forma, en el receptor se produce una constante parte de señal sincronizada. Esta señal existente permanentemente puede ser influenciada en el fotodiodo adicionalmente por luz extraña, en cuanto a su amplitud. Así, según la figura 2, la sensibilidad de un fotodiodo depende de la intensidad de la luz total irradiada (ambient light effect / efecto de luz ambiente). Por ejemplo, si a la señal del emisor de luz 12, como de un diodo luminoso, se sobrepone luz extraña, como la luz de una fuerte fuente de luz 32, por ejemplo del sol, la amplitud de la señal de recepción S13 depende de la intensidad de la luz solar. Este efecto lo presentan más o menos todos los fotodiodos. Si se modifica la luz extraña incidente, por ejemplo su intensidad, cambia también la amplitud de la señal recibida. Por tanto, no se puede distinguir unívocamente si cambia la distancia con respecto al objeto o si sólo ha sido influenciada la parte de luz extraña, por ejemplo por cualquier ensombrecimiento o reflexión. Estas interpretaciones erróneas se deben a que durante la recepción de una señal sincronizada por un fotodiodo, en la línea característica del fotodiodo se cubre constantemente un área. Según la inclinación de la línea característica, varía el tamaño del delta de la corriente fotoeléctrica, lo que a su vez conduce a un diferente nivel de señal. Por tanto, la parte de luz extraña desplaza el valor medio del delta de corriente fotoeléctrica en la línea característica.

Sin embargo, especialmente en caso de requisitos de precisión correspondientes de las mediciones que se han de realizar, se plantea el problema de que no son posibles las compensaciones totales, especialmente si la luz no incide en el fotodiodo 13 directamente desde delante. Esto se describe con la ayuda de las figuras 3a y 3b. En caso de un acoplamiento de una señal 31 por una fuente de luz, según la flecha 34 en la figura 4, en el fotodiodo 13 directamente desde delante, con un salto de impulso 37 (figura 3a) se consigue el tiempo de subida más corto. Esto se indica generalmente también en las hojas de datos en cuanto al fotodiodo correspondiente. Menos conocido es que en caso del acoplamiento lateral de una señal por una fuente de luz a lo largo de la flecha 35 en la figura 4, el tiempo de subida 39 aumenta ya drásticamente con un ángulo de incidencia de 45°. Además, en el caso del acoplamiento lateral, la luz extraña de una fuente de luz tiene una influencia sensiblemente mayor en la amplitud medida y el tiempo de subida 40. Físicamente, esto se puede explicar según la figura 4, de la siguiente manera:

La luz que incide en el material semiconductor del fotodiodo genera pares de portadores de carga. Dichos pares de portadores de carga son separados por un campo eléctrico aplicado desde fuera y se conducen a las conexiones. Para ello, se usa típicamente una estructura de PiN. El material de sustrato 28 está dotado aquí en n y está conectado de forma conductiva con el conductor principal. Sobre el material de sustrato se encuentra una fina capa de silicio prácticamente no dotado (intrínseco). Sobre ésta, se encuentra una capa muy fina con fuerte dotación p. Ésta forma el ánodo del fotodiodo. Si ahora se aplica una tensión en el fotodiodo polarizado en el sentido de barrera, en la zona intrínseca se produce un fuerte campo eléctrico. La luz que incide perpendicularmente en el fotodiodo atraviesa la zona p 26 y genera en la zona i 27 pares de portadores de carga. Éstos son separados por el campo eléctrico aplicado y generan la corriente fotoeléctrica medible. Se trata, por tanto, de una corriente de deriva. A causa de la aceleración de los portadores de carga, éstos llegan rápidamente a las conexiones. Habitualmente, con la velocidad de saturación para electrones o agujeros en silicio.

En cambio, la luz que incide lateralmente en el fotodiodo genera portadores de carga dentro del sustrato o de la zona intrínseca 27, pero fuera del campo eléctrico o en la zona marginal del mismo. Los portadores de carga generados de esta forma se difunden, con un bajo grado de acción, lentamente hacia el campo eléctrico donde se conducen a la corriente fotoeléctrica medible. Debido a la mayor constante de tiempo de la difusión de los portadores de carga resulta pues una constante de tiempo considerablemente mayor de la respuesta de salto. En los fotodiodos, para la luz que incide lateralmente, resulta una constante de tiempo superior en el factor 20, que distorsiona la señal de recepción fuertemente o la desplaza en la posición de fase.

Este efecto está tanto más pronunciado, cuanto peor esté protegido el canto del fotodiodo. Los fotodiodos que en el borde presentan una fuerte dotación (por ejemplo, un anillo de guarda) apenas se ven afectados por ello. Pero prácticamente en todos los fotodiodos se puede observar una dependencia del tiempo de subida, ya que según el ángulo de incidencia, aunque el rayo de luz incida completamente a través de la zona p, la luz penetra a distinta profundidad en la zona i. Especialmente en caso de la incidencia oblicua de luz, una parte de los pares de portadores de carga se genera ya en la zona p. Estos portadores de carga se difunden lentamente hacia la zona i, por lo que se prolonga también el tiempo de subida medible.

Por lo tanto, para la velocidad de un fotodiodo es responsable una multitud de distintos procesos. Tan sólo para la luz que incide prácticamente de forma vertical es dominante la constante de tiempo eléctrica del fotodiodo (producto de resistencia en el circuito de recepción y la capacitancia de la capa de barrera). En cuanto la corriente fotoeléctrica de difusión contribuya en medida esencial a la corriente fotoeléctrica, esta constante de tiempo deja de ser dominante y el fotodiodo se vuelve mensurablemente más lento.

Para la mezcla de las señales sincronizadas y, por tanto, para la medición del tiempo de propagación de la luz, se aprovecha la modulación de la sensibilidad de un fotodiodo por luz extraña, especialmente irradiada desde diferentes ángulos. La luz ambiente fuerte cambia la zona de carga de espacio de un fotodiodo, lo que hace que aumente la zona de absorción que genera corriente de deriva. Esto provoca un cambio de la sensibilidad especialmente, aunque no sólo, para la luz infrarroja. Esta modulación es independiente de las resistencias de conexión y de la capacitancia de la capa de barrera, ya que los fotones de luz extraña absorbidos provocan una inundación del semiconductor con portadores de carga y, por tanto, están sujetos a las constantes de tiempo de conexión eléctrica que determinan la velocidad. Como producto de mezcla resulta la corriente fotoeléctrica medible. La capacitancia de la capa de barrera, junto a la resistencia de conexión, ya actúan como filtro pasabajos. Por lo tanto, como resultado, llega al amplificador siguiente principalmente el producto de mezcla de diferencia.

Según la invención, este efecto se aprovecha para la medición del tiempo de propagación de la luz. Según la figura 1, una primera señal luminosa sincronizada en el ejemplo con 10 MHz por un primer control de reloj 16 es emitida por al menos un emisor de luz 12 a un trayecto de luz 14 y reflejada a través de un objeto reflectante O a un fotodiodo 13. El receptor 13, preferentemente un fotodiodo, recibe dicha señal luminosa desde delante, preferentemente frontalmente. Paralelamente, otra señal luminosa sincronizada por otro control de reloj 17 es irradiada al fotodiodo (13) en un ángulo con respecto a la primera señal luminosa, preferentemente lateralmente, y en allí se mezcla con la primera señal luminosa formando una señal de recepción (S13) común. En el ejemplo, la frecuencia de reloj del control de sincronización adicional asciende a 10,01 MHz y, por tanto, tiene una diferencia de reloj de 10 KHz con respecto al primer reloj, aunque también puede tener otra diferencia de reloj con respecto al primer reloj. Preferentemente, la diferencia entre el reloj del primer control de reloj 16 y el segundo control de reloj 17 es al menos dos potencias de diez más pequeña que su reloj. En el fotodiodo se mezclan las señales recibidas, de modo que la señal de recepción S13 común puede filtrarse formando una señal filtrada, mediante un filtro 25, cuya respuesta de frecuencia corresponde a la frecuencia de la diferencia de reloj.

Las señales de reloj mismas del primer control de reloj 16 y del control de reloj adicional 17, sin embargo, se mezclan también directamente en un mezclador 30, formando igualmente una señal mezclada y, a continuación, se comparan con la señal de recepción filtrada del fotodiodo 13. El desplazamiento de fases entre la señal de mezcla de los controles de reloj 16, 17 y la señal filtrada puede usarse con una frecuencia para determinar el tiempo de propagación de la luz, claramente inferior a la frecuencia de los controles de reloj, de modo que es posible una mayor precisión de la medición del tiempo de propagación y, por tanto, de la medición de distancia.

En una cámara 10, esto puede realizarse además simultáneamente al reconocimiento de imagen, de forma que para cada píxel exista rápidamente la distancia relevante. Esto aumenta la calidad del reconocimiento de imagen.

Habitualmente, el ángulo entre el ángulo de irradiación de la primera señal luminosa y de la señal luminosa adicional es superior a 45°, preferentemente superior a 70°, aunque de forma especialmente preferible asciende a 90° aproximadamente.

Básicamente, la amplitud de la señal de recepción S13 depende de la distancia del objeto, del tamaño del objeto y del grado de reflexión del objeto. La fase de la señal de recepción depende del trayecto de propagación. Por tanto, a causa de la mezcla en el fotodiodo 13 y el mezclador 30 se produce un desplazamiento de fases que puede utilizarse fácilmente para determinar el tiempo de propagación de la luz.

Además, se ha mostrado que el resultado también puede ser influenciado positivamente por la longitud de onda de la luz. Si el emisor de luz 12 y otro emisor de luz 15 emiten en el intervalo de longitudes de onda infrarrojo ya se obtiene un buen resultado. Este resultado se puede seguir mejorando si uno de los dos emisores de luz 12 u otro emisor de luz 15 emite con una longitud de ondas en el intervalo infrarrojo y si el otro emite con una longitud de onda en el intervalo rojo, o aún mejor, con una longitud de ondas en el intervalo azul.

Tiempo de propagación  $t$  para la luz a través del objeto O a una distancia  $d$  hasta el fotodiodo

$$t = 2 * d / c_0$$

Esto significa para la modulación de intensidad con  $f_0$  un desplazamiento de fases de  $f$ :

$$\varphi = t f_0 360^\circ$$

Este desplazamiento de fases se transforma a la zona ZF donde se puede determinar de la siguiente manera:

$$\varphi = \frac{n}{m} \cdot 360^\circ$$

con: n = desplazamiento de fases

m = distancia de reloj

- 5 A partir de las magnitudes de medición m y n se determina la distancia d de la siguiente manera:

$$d = \frac{c_0 \cdot n}{2 \cdot m \cdot f_0}$$

**Lista de signos de referencia**

- 10 Cámara
- 10 12 Emisor de luz
- 13 Fotodiodo
- S13 Señal de recepción
- 14 Trayecto de luz
- 15 Emisor de luz adicional
- 15 16 Sincronizador para 12
- 17 Sincronizador para 15
- 19 Amplificador
- 22 Invertidor
- 24 Píxel
- 20 25 Filtro
- 26 Zona p
- 27 Zona i
- 28 Sustrato
- 30 Mezclador

31 Señal

32 Fuente de luz fuerte

34 Flecha con ángulo de incidencia (frontal) de  $0^\circ$

35 Flecha con ángulo de incidencia (lateral) de  $90^\circ$

5 37 Salto de impulso eléctrico hacia la fuente de luz

38 Respuesta de salto con un ángulo de incidencia de  $0^\circ$

39 Respuesta de salto con un ángulo de incidencia de  $45^\circ$

40 Respuesta de salto con un ángulo de incidencia de  $90^\circ$

**REIVINDICACIONES**

1.- Procedimiento para la medición del tiempo de propagación de la luz, especialmente para cámaras (10), con los pasos:

- 5 - emisión de una primera señal luminosa de al menos un emisor de luz (12), sincronizada por un primer control de reloj (16), a un trayecto de luz (14), a través de un objeto reflectante (O), hacia un fotodiodo (13),
- determinación de una señal de recepción como consecuencia de la primera señal luminosa en el receptor (13),
- acoplamiento de otra señal luminosa sincronizada por otro control de reloj (17) y mezcla con la primera señal luminosa formando una señal de recepción (S13) común,
- 10 - filtrado de la señal de recepción (S13) común con un filtro (25), cuya respuesta de frecuencia corresponde a una frecuencia de una diferencia de reloj, formando una señal filtrada,
- uso de la señal de recepción del trayecto de luz (14) para determinar el tiempo de propagación de la luz, con los pasos:
  - mezcla de las señales de reloj del primer control de reloj (16) y del control de reloj (17) adicional, formando asimismo una señal mezclada en un mezclador (30), y
  - 15 - uso del desplazamiento de fases entre la señal mezclada de los controles de reloj (16, 17) y la señal filtrada para determinar el tiempo de propagación de la luz

**caracterizado porque**

- la señal luminosa adicional se irradia al fotodiodo (13) en un ángulo con respecto a la primera señal luminosa, la mezcla de la primera señal luminosa con la señal luminosa adicional se realiza en el fotodiodo.

20 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la primera señal luminosa se irradia al fotodiodo (13) sustancialmente de manera frontal, y la señal luminosa adicional se irradia al mismo sustancialmente de manera lateral.

25 3.- Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el ángulo entre el ángulo de irradiación de la primera señal luminosa y de la señal luminosa adicional es superior a 45°, preferentemente superior a 70°, pero de forma especialmente preferible es de 90° aproximadamente.

4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la frecuencia de la diferencia de reloj es al menos dos potencias de diez inferior a las frecuencias del primer control de reloj y del control de reloj adicional (16, 17).

30 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la longitud de onda de la luz radiada por el emisor de luz (12) y el emisor de luz adicional (15) se sitúa en el intervalo infrarrojo.

6.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las longitudes de onda de la luz radiada por el emisor de luz (12), por una parte, y por el emisor de luz adicional (15), por otra parte, son diferentes.

35 7.- Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** uno de los emisores de luz (12, 15) radia luz con una longitud de onda en el intervalo infrarrojo y el otro radia luz con una longitud de onda en el intervalo rojo.

8.- Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** uno de los emisores de luz (12, 15) radia luz con una longitud de onda en el intervalo infrarrojo y el otro radia luz con una longitud de onda en el intervalo azul.

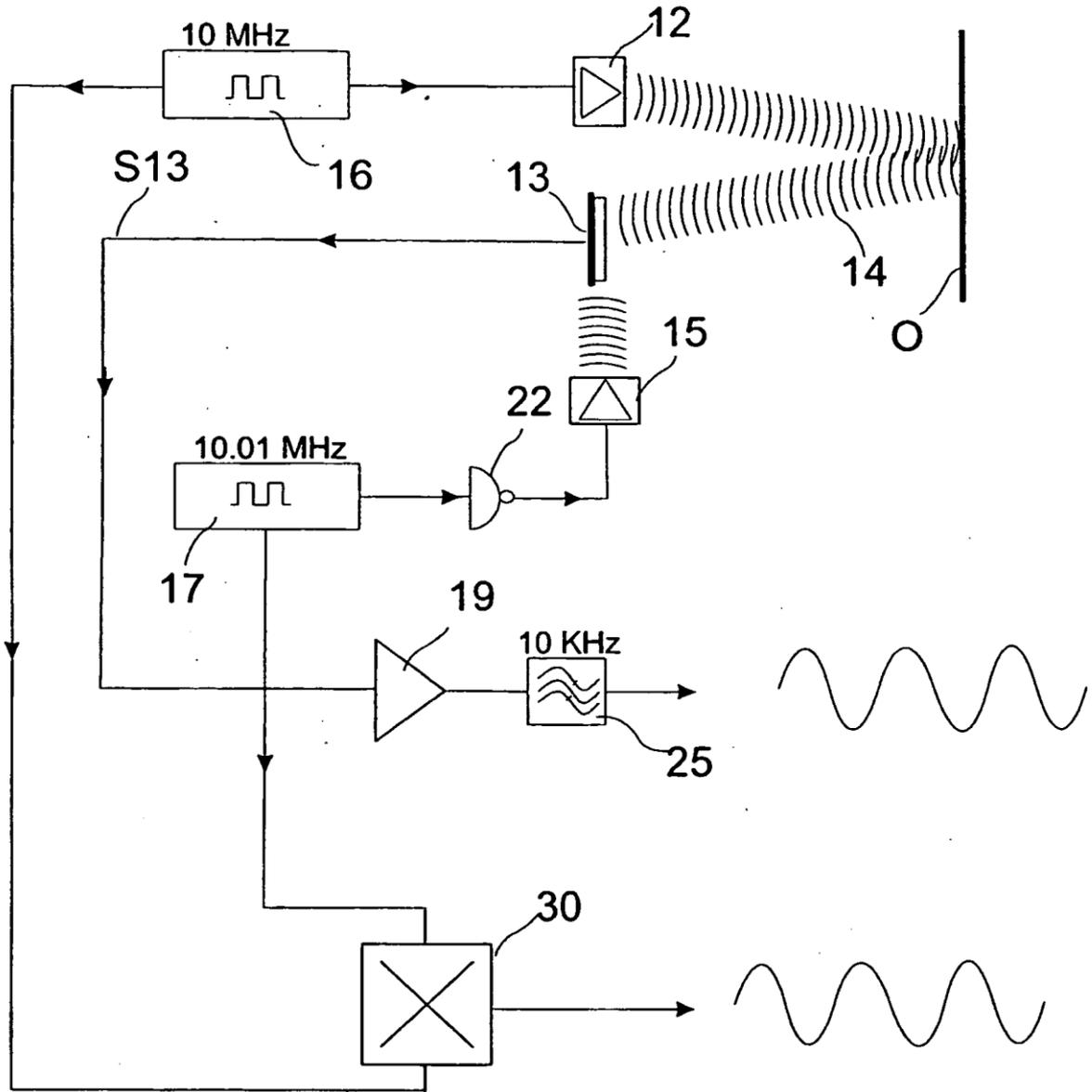
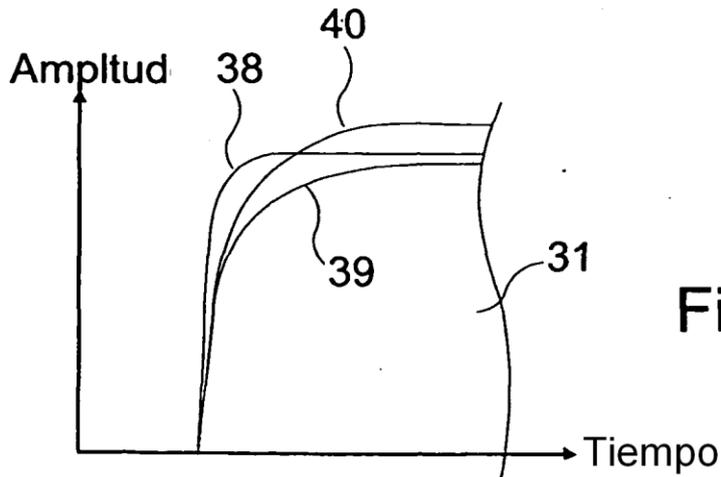
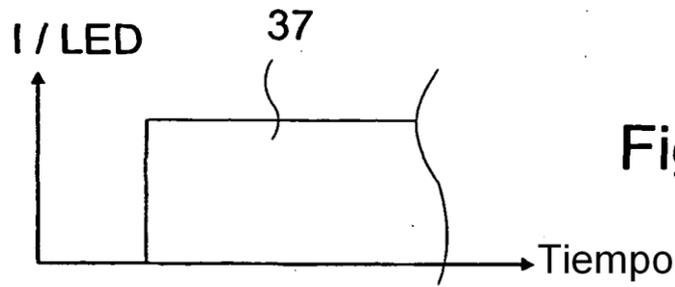
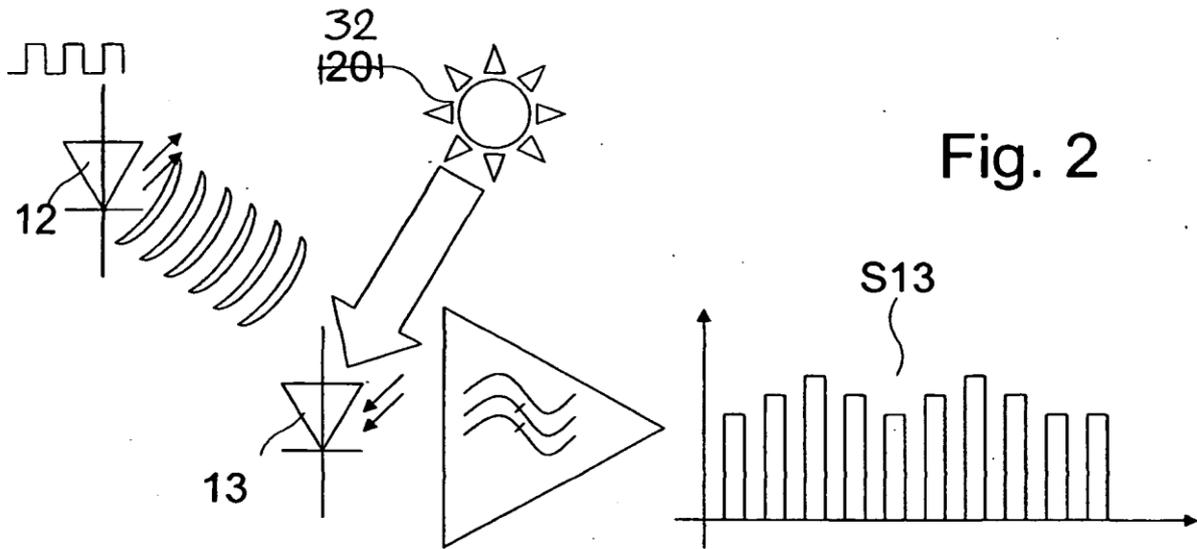


Fig. 1



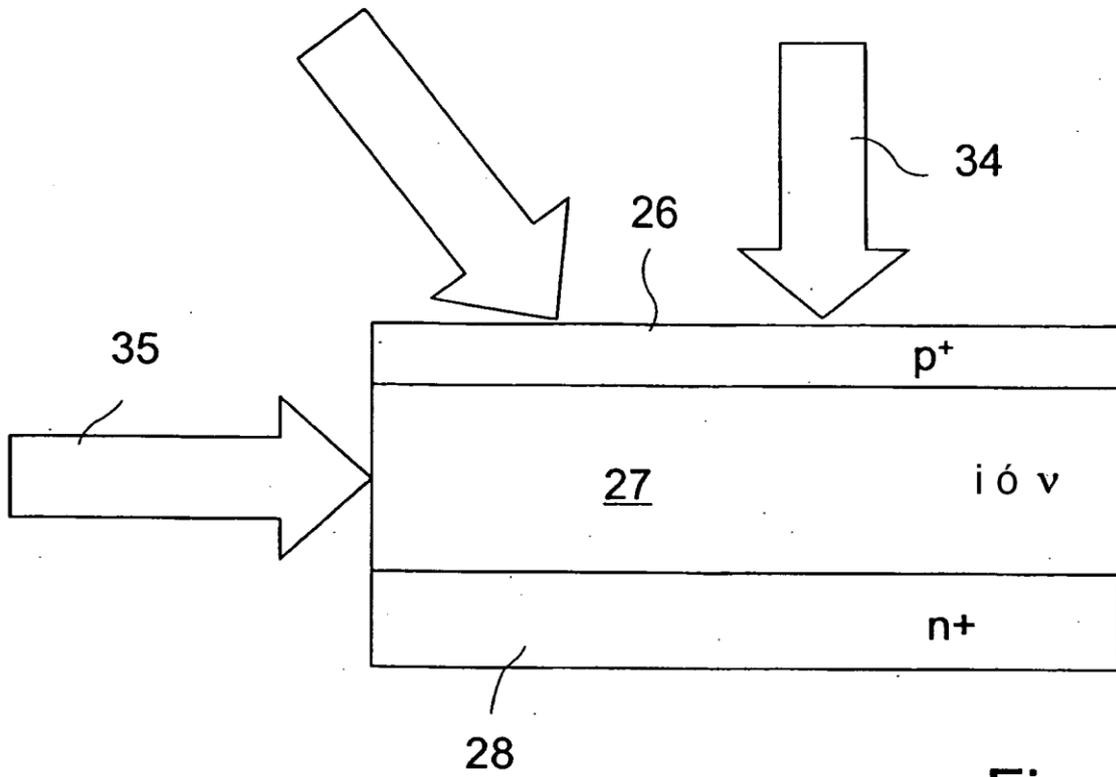


Fig. 4

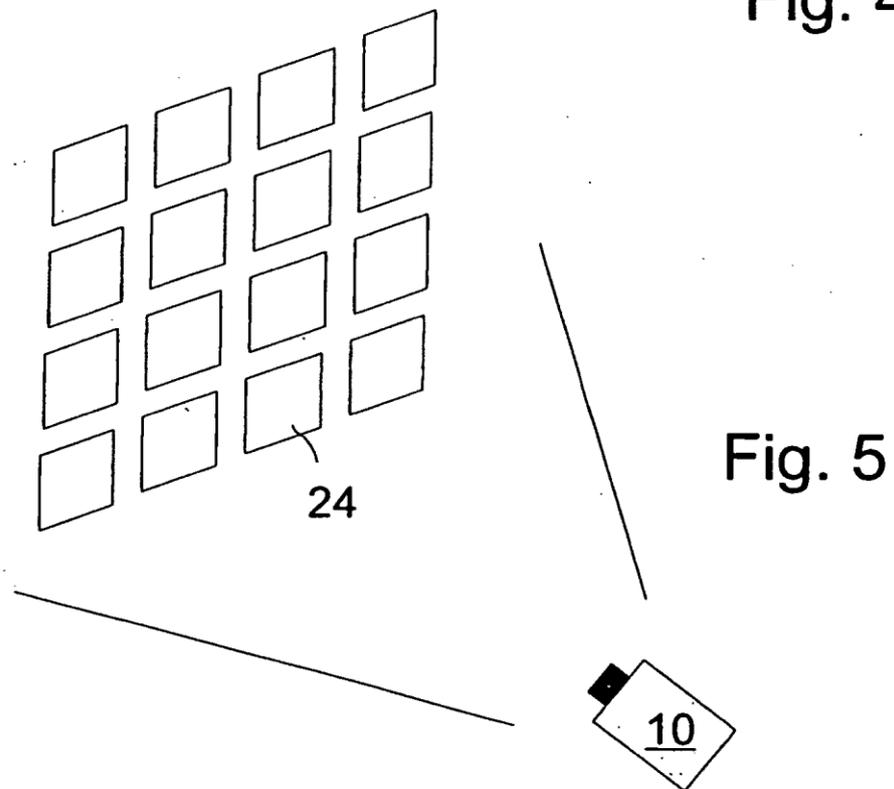


Fig. 5

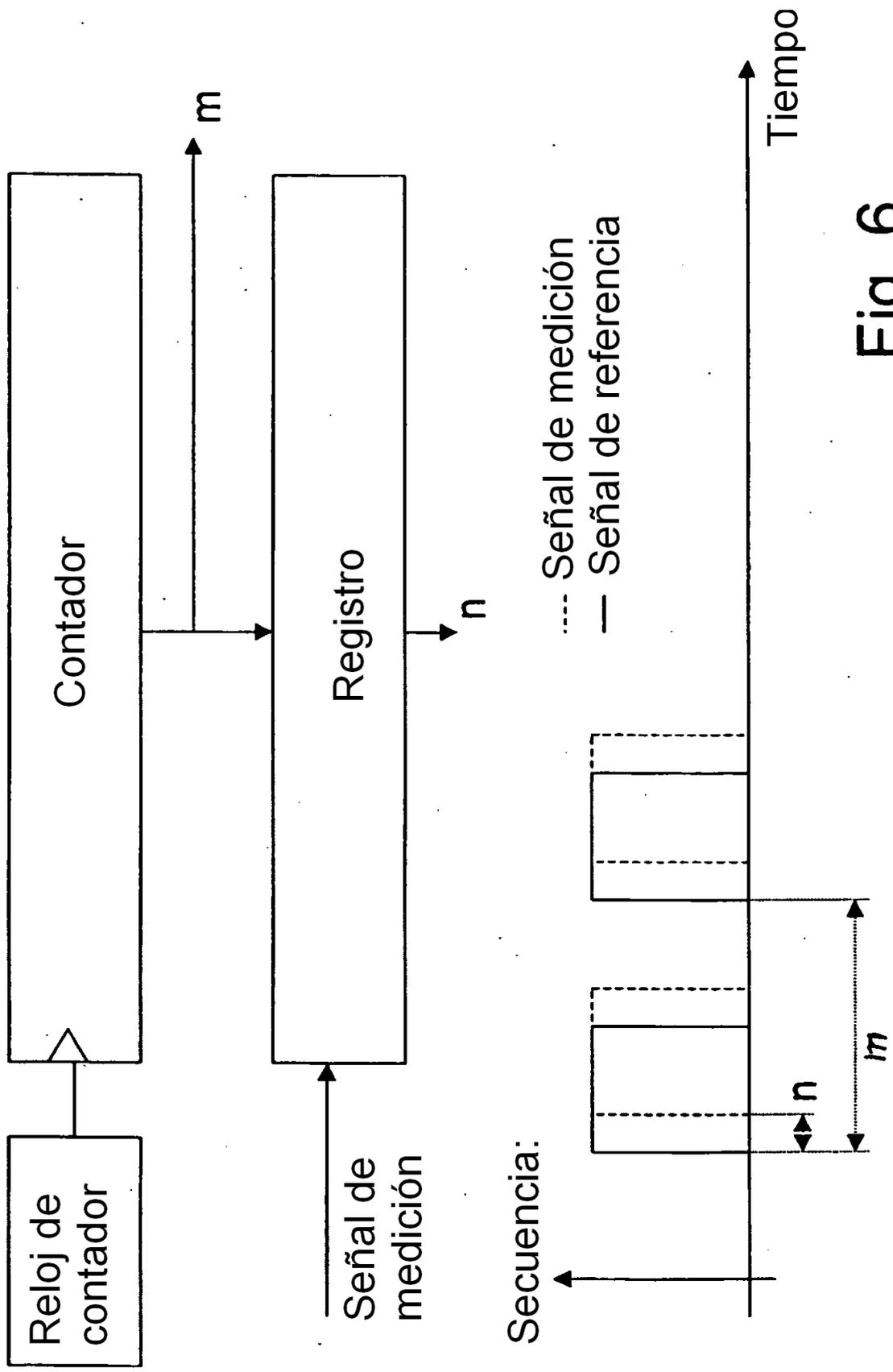


Fig. 6